

- 1) **A respeito dos processos de NITRIFICAÇÃO, assinale a alternativa CORRETA (1pontos).**
- a. Nitrificação é a transformação da amônia ( $\text{NH}_3$ ) a nitrito, através de bactérias do gênero *Nitrossomonas*, e em seguida a nitrato, através de bactérias do gênero *Nitrobacter*, em condições aeróbias. O processo se realiza em duas etapas, sequenciais: redução do  $\text{NH}_3$  a  $\text{NO}_2^-$  (nitritação) e redução do  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$  (nitratação).
  - b. Nitrificação é a transformação da amônia ( $\text{NH}_3$ ) a nitrito, através de bactérias do gênero *Nitrobacter*, e em seguida a nitrato, através de bactérias do gênero *Nitrossomonas*, em condições aeróbias. O processo se realiza em duas etapas, sequenciais: oxidação do  $\text{NH}_3$  a  $\text{NO}_2^-$  (nitritação) e oxidação do  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$  (nitratação).
  - c. **Nitrificação é a transformação da amônia ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrito, através de bactérias do gênero *Nitrossomonas*, e em seguida de nitrito a nitrato, através de bactérias do gênero *Nitrobacter*, em condições aeróbias. O processo se realiza em duas etapas, sequenciais: oxidação do  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_2^+$  (nitritação) e oxidação do  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$  (nitratação). ( resposta correta)**
  - d. Nitrificação é a transformação da amônia ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrato, através de bactérias do gênero *Nitrobacter*, e em seguida de nitrato a nitrito através de bactérias do gênero *Nitrossomonas*, em condições aeróbias. O processo se realiza em duas etapas, sequenciais: oxidação do  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$  (nitratação) e redução do  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$  (nitritação).
  - e. Nitrificação é a oxidação da amônia ionizada ( $\text{NH}_3^+$ ) a nitrito, através de bactérias do gênero *Nitrobacter*, e em seguida de nitrito a nitrato, através de bactérias do gênero *Nitrossomonas*, em condições aeróbias. O processo se realiza em duas etapas, sequenciais: oxidação do  $\text{NH}_3^+$  a  $\text{NO}_2^-$  (nitritação) e oxidação do  $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NO}_3^-$  (nitratação).
- 2) **Ao Francisco, operador da ETE Monte Alegre, foi solicitada a realização de um ensaio de sedimentação do lodo aeróbio para determinar o IVL (índice volumétrico do lodo), o qual é definido como o volume, em mL, ocupado por 1,0 g de lodo sedimentado de certa amostra retirada do TA (tanque de aeração). Para isso, Francisco coletou 1,5 L do lodo do TA da ETE. Em seguida, ele tomou uma alíquota de 100 mL dessa amostra para determinar o teor de SSTA (sólidos suspensos no tanque de aeração), cujo valor foi igual a 5,0 g/L; da quantidade que restou da amostra coletada, ele introduziu uma alíquota de 1,0 L em um cone Imhoff e esperou o lodo sedimentar por 30 minutos. Após esse tempo, Francisco observou um valor de 450 mL/L de sólidos sedimentados. De posse dos resultados das análises laboratoriais, Francisco calculou o IVL do lodo e apresentou um parecer ao engenheiro responsável pela ETE. Pede-se: assinale a alternativa que informa CORRETAMENTE o valor do IVL calculado e o parecer do operador da ETE Monte Alegre (1 pontos).**
- a. IVL = 90 mL/g, sedimentação tolerável, perigo de intumescimento do lodo.
  - b. **IVL = 90 mL/g, sedimentação muito boa, efluente com baixa turbidez. ( resposta correta)**
  - c. IVL = 900 mL/g, impossível de sedimentar.
  - d. IVL = 900 mL/g, má sedimentação, efluente com alta turbidez.

e. IVL = 90 mL/g, excelente sedimentação, efluente sem turbidez.

3) **Com a Revolução Industrial, ocorrida em meados do século XVIII na Inglaterra, múltiplas inovações tecnológicas substituíram o trabalho humano por trabalho mecânico. As cidades passaram a fazer uso da máquina à vapor, produzindo uma grande quantidade de poluentes atmosféricos. A partir deste momento, a humanidade passou a conviver com a poluição do ar em diversas cidades europeias. O poluente, quando lançado na atmosfera, interage com as substâncias presentes na própria atmosfera, além de sofrer influência das condições meteorológicas presentes, quando da sua dispersão. Sobre o problema da poluição atmosférica, responda:**

a. Diferencie poluentes primários e secundários citando exemplos(0,5 pontos).

Os poluentes primários são aqueles lançados diretamente no ar (Ex: dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, poeira). Os poluentes secundários são formados pela reação de um poluente primário com os compostos presentes na atmosfera, sob determinadas condições físicas (Ex: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>).

b. No que se refere às condições atmosféricas, qual tipo de situação é a mais adequada e a menos adequada para dispersão de poluentes? Justifique sua resposta(0,5 pontos).

A dispersão do poluente do ar depende das condições atmosféricas, da seguinte maneira:

A velocidade do vento: O vento pode contribuir na mistura dos poluentes com o ar limpo, causando assim a sua diluição. Com ventos calmos, a diluição se tornará lenta.

A estabilidade atmosférica: A estabilidade atmosférica afeta o movimento vertical do ar. Convecção e turbulência são aumentadas quando o ar é instável e inibidas quando o ar é estável.

Inversão de Temperatura: Em condições normais, existe um gradiente de diminuição de temperatura do ar com o aumento da altitude. Ao longo do dia, o ar frio tende a descer (por que é mais denso) e o ar quente tende a subir (pois é menos denso), criando correntes de convecção que renovam o ar junto ao solo. Em algumas ocasiões e locais ocorre inversão: uma camada de ar frio se interpõe entre duas camadas de ar quente, evitando que as correntes de convecção se formem. Dessa forma, o ar junto ao solo fica estagnado e não sofre renovação, propiciando o aumento da concentração de poluentes em níveis próximos do solo.

4) **Você foi contratado para elaborar um estudo preliminar relativo ao aproveitamento das águas de chuva, com a finalidade de sua utilização para consumo, pela administração de uma pequena cidade que apresenta problemas de abastecimento nos períodos de pico. De posse dos projetos existentes, você elaborou um croqui do sistema de abastecimento de água, que consiste em: (2 pontos)**

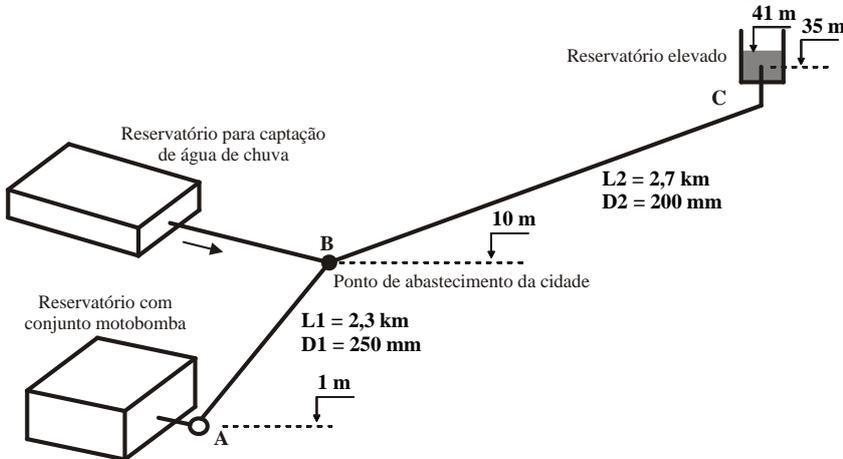
- Um reservatório com instalação de recalque (A), com pressão na saída da bomba de 45 mca.
- Um reservatório elevado (C), disposto na cota 29,0 m, com o nível da água constante na cota 41,0 m.

- Um centro de carga – ponto de abastecimento (B) – disposto na cota 10 m, com pressão residual de 12 m.
- Um reservatório para captação da água de chuva.

Por se tratar de um estudo preliminar, admitem-se os seguintes dados:

- Para os tubos metálicos empregados na rede, coeficiente  $C = 100$ .
- Vazão necessária para atender o consumo da cidade = 100 L/s.

**Tendo em vista essas informações, qual deverá ser a vazão, em L/s, de reforço de abastecimento, fornecida pelo reservatório de águas pluviais?**



#### Dados / Informações adicionais

- Fórmula de Hazen-Williams para  $C = 100$ :

$$Q = 27,78 \times D^{2,63} \times J^{0,54}$$

onde:

- Q = vazão ( $m^3/s$ );
- D = diâmetro da tubulação (m);
- J = perda de carga unitária (m/m).

- Peso específico da água:

$$\gamma_{\text{água}} = 10.000 \text{ N/m}^3$$

**Resposta :**

**QA=61,7 l/s, Qc= 27,7 l/s e Q reservatório= 10,6 l/s. Serão aceitas resposta variando 10% para mais ou para menos.**

- 5) Para uma bacia com área de 20,0 Km<sup>2</sup>, o hietograma de precipitação efetiva e o Hidrograma Unitário de Precipitação unitária de 10 mm e duração 60 min são dados abaixo. a) ( 0,5 pontos) Determine o hidrograma resultante, a vazão máxima e o tempo de base;

**Resposta:**

Q(m <sup>3</sup> /s)			
0			
18			
42			

60			
96		Qmax(m <sup>3</sup> /s)	96
48		Tbase(h)	7
24			
0			

6) e b) (0,5 pontos) O hidrograma unitário de uma precipitação de 10 mm e duração 3h.

**Resposta:**

Qres(m <sup>3</sup> /s)
0
3
10
14
13
6
2
0
0

**Tabela 1: Hietograma de Precipitação Efetiva**

t (h)	P (mm)
1	20,0
2	0,0
3	40,0

**Tabela 2: Hidrograma Unitário**

Tempo (horas)	0	1	2	3	4	5
Vazão do escoamento superficial direto (m <sup>3</sup> /s)	0,0	9,0	21,0	12,0	6,0	0,0

**Resposta:**

**6)Avalie as seguintes afirmações relativas aos recursos hídricos( 1 pontos):**

I - a principal reserva de água doce no planeta são os volumes armazenados nos cursos d'água e lagos;

II - o valor da precipitação máxima de 24 horas é maior que a precipitação máxima diária;

III - o fator de forma de uma bacia hidrográfica é a razão entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo de área igual à área da bacia;

IV - o coeficiente de escoamento superficial ou de deflúvio (*runoff*) de uma precipitação é dado pela relação entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água infiltrado;

V - o tempo de concentração é o intervalo de tempo necessário para que toda a bacia hidrográfica passe a contribuir para a vazão na seção de interesse.

São corretas apenas as afirmações:

(A) I e II. (B) I e IV. **(C) II e V.** (D) III e IV. (E) III e V.

**7) O engenheiro responsável pelo estudo geotécnico de um maciço silto-argiloso, com a finalidade de obter informações para o projeto de um aterro de grande porte, lhe deu as tarefas abaixo que você deverá executar.**

a) Para determinado ponto “P” do maciço, na fase inicial da obra (estado em repouso), calcule o valor (em kPa) das tensões efetivas normal ( $\sigma'$ ) e tangencial ( $\tau$ ) que atuam num plano que forma um ângulo  $\alpha = 30^\circ$  com o plano horizontal, sabendo que a tensão efetiva principal maior  $\sigma'_{1f}$  (no plano horizontal) e a tensão efetiva principal menor  $\sigma'_{3f}$  (no plano vertical) são iguais a 140 kPa e 80 kPa, respectivamente. (0,5 pontos)

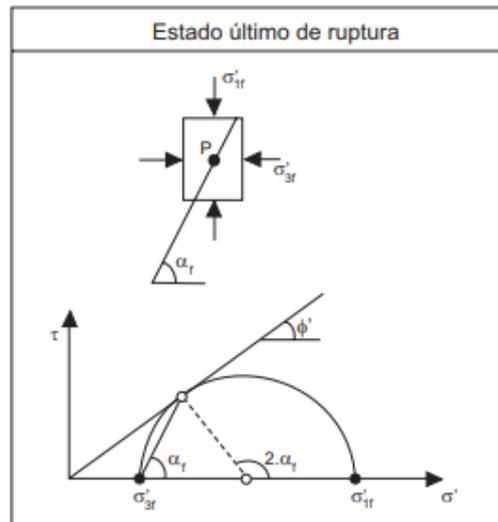
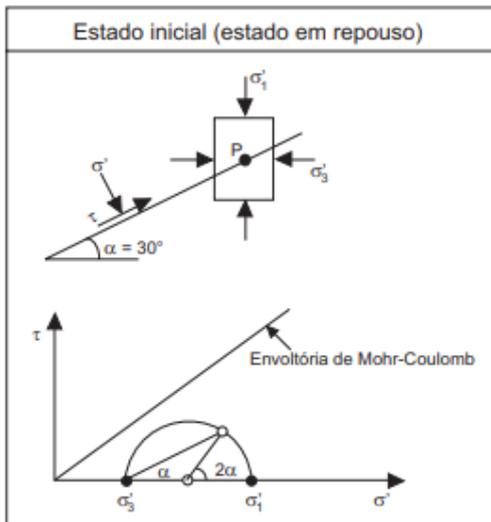
b) Utilizando o Critério de Ruptura de Mohr-Coulomb no estudo da resistência do solo, estime o valor do ângulo de atrito interno ( $\phi'$ ) do mesmo, admitindo que a coesão ( $c'$ ) seja nula e dispondo, apenas, dos resultados de um ensaio de compressão triaxial CD (adensado drenado) que, no estado último de ruptura, forneceu os seguintes dados:  $\sigma_{1f}$  (tensão principal maior na ruptura) = 280 kPa e  $\sigma_{3f}$  (tensão principal menor na ruptura) = 80 kPa. (0,5 pontos)

**Dados / Informações adicionais**

$$\sigma' = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} + \left( \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} \right) \times \cos 2\alpha$$

$$\tau = \left( \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} \right) \times \sin 2\alpha$$

$$\text{sen } \phi' = \frac{\sigma'_{1f} - \sigma'_{3f}}{\sigma'_{1f} + \sigma'_{3f}}$$



a) Cálculo das tensões efetivas normal ( $\sigma'$ ) e tangencial ( $\tau$ ) na fase inicial da obra (estado em repouso):

$$\sigma' = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} + \left( \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} \right) \times \cos 2\alpha = \frac{140 + 80}{2} + \left( \frac{140 - 80}{2} \right) \times \cos 60^\circ$$

$$\sigma' = 110 + 15$$

$$\sigma' = 125 \text{ kPa}$$

$$\tau = \left( \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} \right) \times \sin 2\alpha = \left( \frac{140 - 80}{2} \right) \times \sin 60^\circ$$

$$\tau = 30 \times 0,87$$

$$\tau = 26,1 \text{ kPa}$$

Observação: Foi aceita também a resposta = 26 kPa

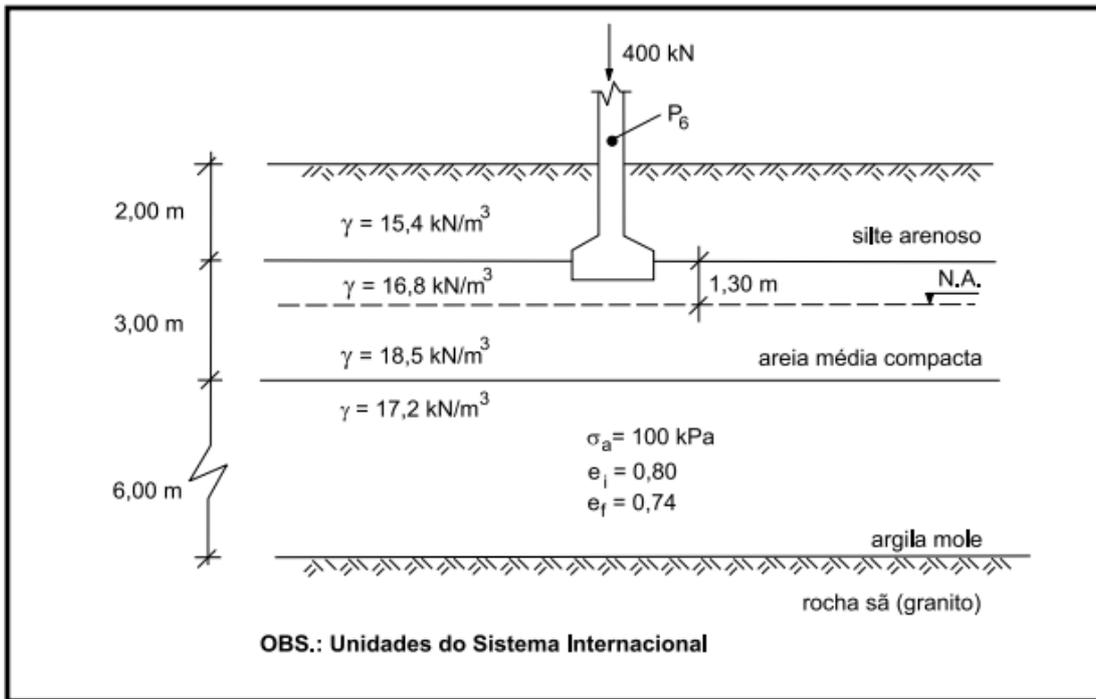
b) Cálculo do ângulo de atrito interno ( $\phi'$ ) do solo:

$$\text{sen } \phi' = \frac{\sigma'_{1f} - \sigma'_{3f}}{\sigma'_{1f} + \sigma'_{3f}} = \frac{280 - 80}{280 + 80} = \frac{200}{360} = 0,555... \approx 0,56$$

$$\phi' = \text{arc sen } 0,56 = 34^\circ$$

$$\phi' = 34^\circ$$

**8) As fundações de um edifício foram projetadas como sapatas assentes numa camada de areia compacta, apresentando capacidade de carga adequada. Entretanto, a existência de uma camada subjacente de argila mole, revelada pelas sondagens, causou preocupações com relação aos recalques que poderiam ocorrer, tornando necessário o estudo deste solo com relação ao seu possível adensamento. Você está encarregado de proceder esta análise para elaborar um relatório a ser submetido aos projetistas da obra, a partir dos dados obtidos pelas sondagens e ensaios realizados, os quais estão consolidados no perfil abaixo.**



Neste relatório, para atender às solicitações dos projetistas, com relação ao pilar nº 6, indicado no perfil, você deve informar o seguinte:

- a) a espessura da camada compressível; (0,20 pontos)
- b) a profundidade em que foram realizados os estudos de adensamento, tendo em vista as recomendações técnicas para um caso como este; (0,20 pontos)
- c) os valores das tensões verticais total e efetiva e a pressão neutra, no plano médio da camada compressível; (0,20 pontos)
- d) em que estado de adensamento se encontra a camada compressível antes da construção da sapata (justifique numericamente sua resposta); (0,20 pontos)
- e) o estado de adensamento da camada compressível após a construção da sapata (admita que o acréscimo de pressão no plano médio da camada compressível será de 30 kPa); (0,20 pontos)

$$= 15,4 \times 2,0 + 16,8 \times 1,30 + 18,5 \times 1,70 + 17,2 \times \frac{6,0}{2}$$

$$= 135,69 \text{ kN/m}^2 = 135,69 \text{ kPa}$$

● Cálculo da tensão efetiva:  $\bar{\sigma}$

$$\sigma_a = \sigma - u = 135,69 - 47 = 88,69 \text{ kPa}$$

d) Antes da construção da sapata, a tensão efetiva  $\bar{\sigma}$  vale aproximadamente 89 kPa e a tensão de adensamento  $\sigma_a = 100 \text{ kPa}$ . Como  $\bar{\sigma} < \sigma_a$ , a camada está pré-adensada.

Resposta: Pré-Adensada

$$\text{Justificativa: } = \bar{\sigma} 89 \text{ kPa} < \sigma_a = 100 \text{ kPa}$$

e) Com o acréscimo de carga, tem-se:

$$\sigma_{\text{final}} = \bar{\sigma}_{\text{inicial}} + \Delta\sigma = 89 + 30 = 119 \text{ kPa.}$$

Como a nova tensão é superior à tensão de adensamento, a camada passa a estar em adensamento.

Resposta: em adensamento.

$$\text{a) } R = \Delta e \cdot \frac{h_i}{1 + e_i}$$

$$\Delta e = e_i - e_f = 0,80 - 0,74 = 0,06$$

$$h_i = 6 \text{ m}$$

$$\text{logo, } R = 0,06 \times \frac{6}{1 + 0,80} = 0,20 \text{ m}$$

Resposta:  $R = 0,20 \text{ m}$

**Padrão de Resposta Esperado:**

a) Resposta: Corresponde à espessura da camada de argila mole que, no perfil, é a que está sujeita a sofrer adensamento significativo. Portanto, sua espessura vale 6,00 m.

b) Resposta: Os estudos são realizados no plano médio da camada compressível. Logo, a profundidade será:

$$H = 2,0 + 3,0 + \frac{6,0}{2} = 8,0 \text{ m}$$

c) ● Cálculo da pressão neutra: u

$$u = \gamma_w \times h_w$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3 \quad \rightarrow \quad u = 47 \text{ kN/m}^2 = 47 \text{ kPa}$$

$$h_w = (1,7 + 3,0) \text{ m}$$

● Cálculo da tensão vertical total:

$$\sigma = \gamma \cdot h \text{ (por camada)}$$

9) Para a construção de uma nova rodovia, haverá necessidade da execução de um extenso aterro em determinado trecho. Assim, no projeto, foi realizado um estudo geotécnico prévio sobre amostras de terraços fluviais de duas áreas aluvionares próximas e diferentes, para determinar a possibilidade de seu uso como materiais de empréstimo. Ao fazer os ensaios de compactação sobre a amostra da jazida B, comprovou-se que haveria necessidade de corrigir sua granulometria para superar a carência da fração fina, de modo a viabilizar seu uso no projeto. No estudo geotécnico realizado, também foi esclarecido que a superação dessa deficiência de finos, no solo B, poderia ser conseguida mediante a mistura de x% do solo A com y% do solo B ( $x\% + y\% = 100\%$ ), que garantisse 12% de fração fina ( $D < 0,075 \text{ mm}$ ) à granulometria da mistura.

Com base nessas informações e nos dados a seguir apresentados, determine:

a) as porcentagens de cada uma das frações granulométricas constituintes do solo A, em conformidade com a classificação da NBR 6502 da ABNT; (0,4 pontos)

Com base na curva granulométrica dada e na classificação granulométrica da ABNT apresentada, obtêm-se as porcentagens das frações constituintes do solo:

$$\% \text{ da fração ARGILA ( } D < 0,002 \text{ mm ) : } 7\% = 7\%$$

$$\% \text{ da fração SILTE ( } 0,002 \text{ mm } \delta D < 0,06 \text{ mm ) : } 54\% - 7\% = 47\%$$

$$\% \text{ da fração AREIA ( } 0,06 \text{ mm } \delta D < 2,0 \text{ mm ) : } 100\% - 54\% = 46\%$$

$$\% \text{ da fração PEDREGULHO ( } 2,0 \text{ mm } \delta D < 60 \text{ mm ) : } 100\% - 100\% = 0\%$$

b) se o solo A é ou não bem graduado, mediante uso de critério baseado nos valores de  $C_u$  (coeficiente de uniformidade) e  $C_c$  (coeficiente de curvatura); (0,3 pontos)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

SOLO	$D_{10}$	$D_{30}$	$D_{60}$	$C_u$	$C_c$
A	0,003	0,02	0,075	25,0	1,8

Considerando que o critério para considerar o solo "bem graduado" é:

$$C_u > 5 \quad \text{e} \quad 1 < C_c < 3,$$

então, pode-se concluir que: **O SOLO A É BEM GRADUADO**

c) qual a porcentagem do solo A (x%) a ser usada na mistura, de modo a atender ao critério estabelecido no estudo supra-referido (% PD < 0,075 = 12%). (0,3 pontos)

Aproximar os resultados de granulometria e de frações granulométricas para valores inteiros em % e os valores de  $C_u$  e  $C_c$ , para uma casa decimal.

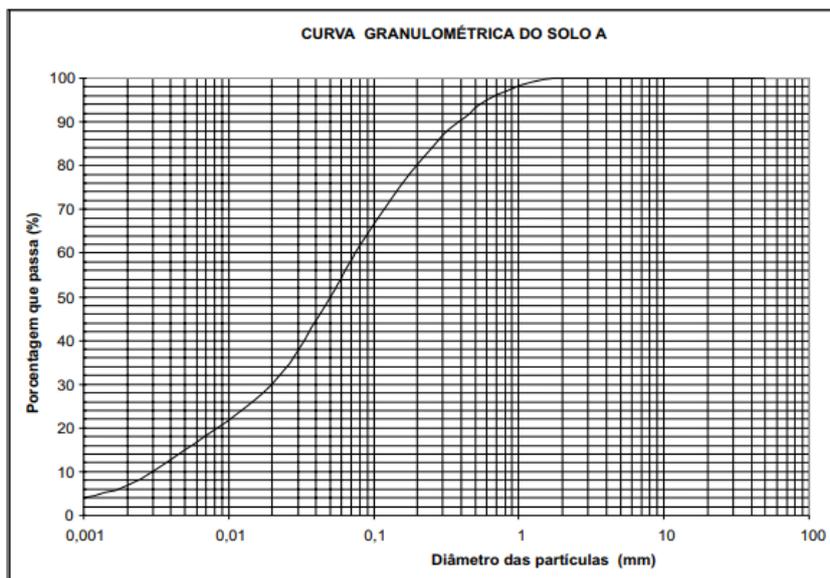


Figura 1 – Curva Granulométrica do Solo A

CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS FRAÇÕES CONSTITUINTES DO SOLO, SEGUNDO A ABNT (NBR 6502) Fração pedregulho:  $2,0 \text{ mm} \leq D < 60 \text{ mm}$  Fração areia:  $0,06 \text{ mm} \leq D < 2,0 \text{ mm}$  Fração silte:  $0,002 \text{ mm} \leq D < 0,06 \text{ mm}$  Fração argila:  $D < 0,002 \text{ mm}$

FÓRMULAS

$D_n$  = diâmetro tal que n% das partículas sejam menores que o diâmetro D

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (C_u = \text{coeficiente de uniformidade})$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad (C_c = \text{coeficiente de curvatura})$$

CRITÉRIO PARA ANÁLISE DA GRADUAÇÃO DO SOLO

**SOLO BEM GRADUADO:**  $C_u > 5$  e  $1 < C_c < 3$

Sobre as amostras retiradas dessas duas áreas (**A e B**), foram realizados ensaios de granulometria (por peneiramento e por sedimentação), obtendo-se os seguintes resultados:

DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS (mm)		% RETIDA		% RETIDA ACUMULADA		% QUE PASSA	
PENEIRAMENTO	SEDIMENTAÇÃO	A	B	A	B	A	B
50		0	0				
38		0	1				
25		0	4				
19		0	4				
9,5		0	12				
4,8		0	15				
2,0		0	16				
1,2		1	10				
0,60		4	13				
0,42		4	5				
0,30		4	5				
0,15		12	8				
0,075		15	5				
	0,05	10	2				
	0,02	20	0				
	0,005	15	0				
	0,002	8	0				
	0,001	3	0				

**Resposta questão 9c:**

Da curva granulométrica (ou da Tabela), para o solo **A**:  $P_{D < 0,075} = 60\%$ .

DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS (mm)		% RETIRADA		% RETIRADA ACUMULADA		% QUE PASSA	
PENEIRAMENTO	SEDIMENTAÇÃO	A	B	A	B	A	B
50		0	0	0	0	100	100
38		0	1	0	1	100	99
25		0	4	0	5	100	95
19		0	4	0	9	100	91
9,5		0	12	0	21	100	79
4,8		0	15	0	36	100	64
2,0		0	16	0	52	100	48
1,2		1	10	1	62	99	38
0,60		4	13	5	75	95	25
0,42		4	5	9	80	91	20
0,30		4	5	13	85	87	15
0,15		12	8	25	93	75	7
0,075		15	5	40	98	<b>60</b>	<b>2</b>
	0,05	10	2	50	100	50	0
	0,02	20	0	70	100	30	0
	0,005	15	0	85	100	15	0
	0,002	8	0	93	100	7	0
	0,001	3	0	96	100	4	0